

УДК 621.436

В.И. Быков, канд. техн. наук, К.Е. Долганов, д-р техн. наук, А.А. Лисовал, канд. техн. наук**ДИЗЕЛИ СМД ДЛЯ АВТОБУСОВ**

В 2000 г. Киевская городская государственная администрация проявила заинтересованность в том, чтобы автобусный парк в г. Киеве обновлялся автобусами большого и особо большого классов производства ОАО «Львовский автобусный завод» (ОАО «ЛАЗ») с дизелями СМД-31, которые выпускает Харьковский моторостроительный завод «Серп и молот».

ОАО «ГСКБД» (г. Харьков) при участии кафедры «Двигатели и теплотехника» Национального транспортного университета (НТУ) были разработаны автомобильные 6-цилиндровые дизели СМД-31А.15 и СМД-31Б.15 с вертикальным расположением цилиндров и СМД-31.30 с горизонтальным расположением цилиндров.

Дизель СМД-31А.15 (рис.1 и 2) четырехтактный, 6-цилиндровый, рядный, жидкостного охлаждения, с газотурбинным

наддувом и промежуточным охлаждением наддувочного воздуха. На дизеле применены: рядный топливный насос высокого давления (ТНВД) модели PFW 6-02/3 польского завода топливной аппаратуры «ПЗЛ-Мелец» с всережимным регулятором частоты вращения и положительным и отрицательным корректорами подачи топлива, обеспечивающий максимальное давление впрыскивания до 75 МПа; турбокомпрессор модели K-27 3070 G2121 чешской фирмы «Завод Турбо»; поршни с тремя поршневыми кольцами производства фирмы «Бузрук» (Чехия) и камерой сгорания с турболизирующими выточками; гильзы цилиндров с плоско-вершинным хонингованием рабочей поверхности, изготовленные по немецкой технологии фирмой «Кротошин» (Польша). Мощность дизеля 160 кВт при 1900 мин⁻¹.

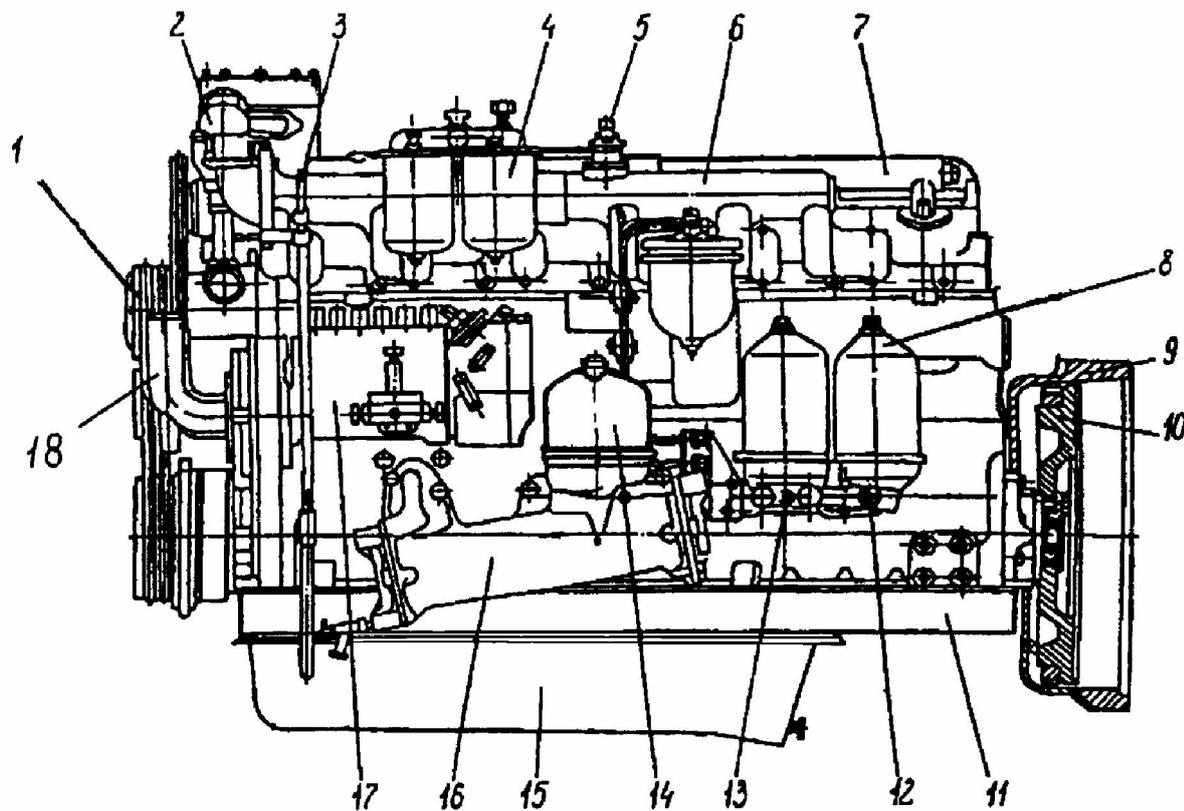


Рис. 1. Дизель СМД-31А.15 (вид слева):

- 1—водяной насос; 2—корпус термостатов (с двумя термостатами); 3—стержень маслоизмерителя;
 4—фильтр тонкой очистки топлива; 5—подогреватель электрофакельный; 6—коллектор впускной;
 7—труба водяная; 8—фильтр масляный; 9—картер маховика; 10—маховик; 11—блок-картер; 12—место на корпусе масляного фильтра для установки датчика давления масла ММ 355; 13—место на корпусе масляного фильтра для установки датчика аварийного давления масла ММ 106Б; 14—масляная центрифуга; 15—крышка нижняя картера; 16—теплообменник водомасляный; 17—насос топливный; 18—патрубок маслозаливной

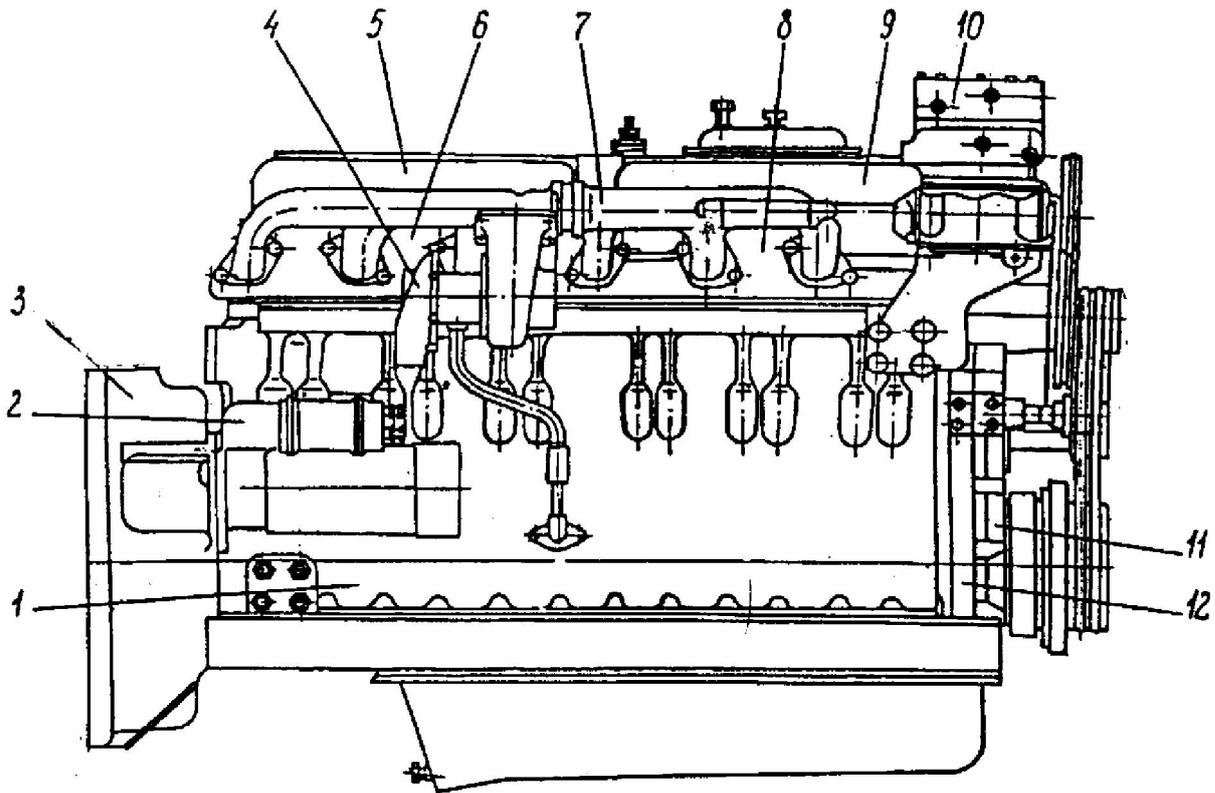


Рис. 2. Дизель СМД-31А.15 (вид справа):

1 – блок-картер; 2 – стартер 3212.3708; 3 – картер маховика; 4 – турбокомпрессор; 5 – колпак задней головки цилиндров; 6 – головка цилиндров задняя; 7 – коллектор выпускной; 8 – головка цилиндров передняя; 9 – колпак передней головки цилиндров; 10 – компрессор воздушный; 11 – крышка картера распределительных зубчатых колес; 12 – картер распределительных зубчатых колес

Дизель СМД-31Б.15 является форсированной модификацией дизеля СМД-31А.15. Его мощность 200 кВт при 2000 мин^{-1} . На нем установлен ТНВД фирмы «Бош» модели Р7100 с механическим двухрежимным регулятором частоты вращения модели RQ275/1000 PAV и пневматическим корректором топливоподачи в зависимости от давления наддува. Этот ТНВД создает максимальное давление впрыскивания до 105 МПа. На дизеле применен турбокомпрессор фирмы «Гаррет».

На дизеле СМД-31.30 с горизонтальным расположением цилиндров (рис. 3-5) благодаря наклону цилиндров влево, если смотреть с носка коленчатого вала, такие узлы, как ТНВД, форсунки, масляные фильтры, электрический стартер оказались на верхней стороне блока цилиндров, что обеспечивает удобный доступ для их технического обслуживания, а расположение цилиндров под углом к горизонтальной поверхности обеспечивает слив масла из блока и головок цилиндров в поддон картера.

В табл. 1 приведены основные технические данные дизелей СМД-31А.15 и СМД-31Б.15, а для

сравнения аналогичные данные венгерских дизелей RABA D10TLL-160E2, которые устанавливаются на автобусы ЛАЗ-52527, и RABA D10TLL-206E2, близкого по показателям дизелю СМД-31Б.15. Из табл. 1 видно, что харьковские и венгерские дизели имеют весьма схожие технические данные.

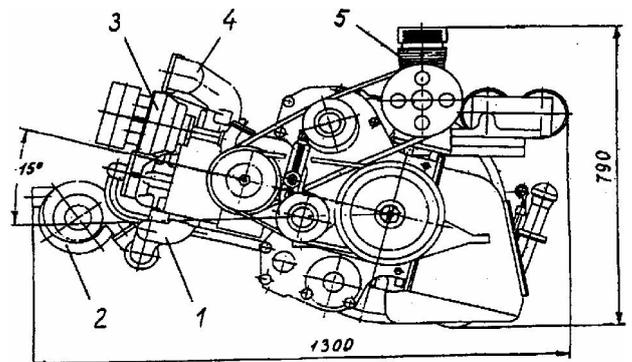


Рис. 3. Дизель СМД-31.30 (вид спереди):

1 – выпускной коллектор; 2 – турбокомпрессор; 3 – термостаты системы охлаждения; 4 – впускной коллектор; 5 – воздушный компрессор

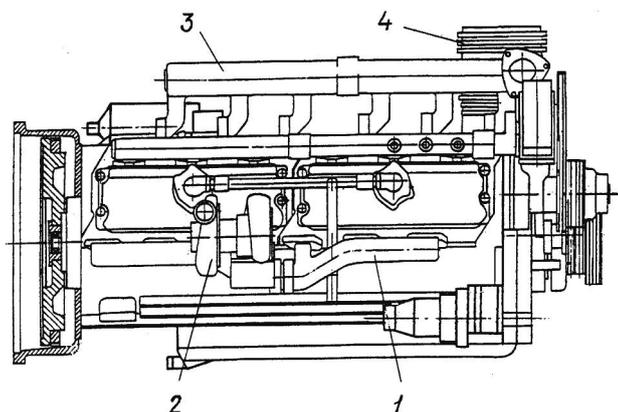


Рис. 4. Дизель СМД-31.30 (вид справа):

1 – выпускной коллектор; 2 – турбокомпрессор;
3 – впускной коллектор; 4 – воздушный компрессор

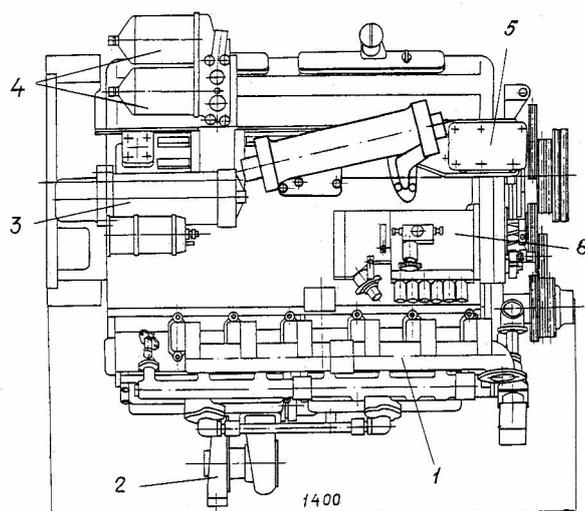


Рис. 5. Дизель СМД-31.30 (вид сверху):

1 – впускной коллектор; 2 – турбокомпрессор;
3 – электрический стартер; 4 – масляные
фильтры; 5 – воздушный компрессор; 6 – ТНВД

Применение дизеля с горизонтальным расположением цилиндров на автобусах ЛАЗ, на которых дизель устанавливается в задней части салона, дает возможность уменьшить высоту размещения заднего ряда сидений, что облегчит доступ к ним пассажиров.

На рис. 6 показана внешняя скоростная характеристика дизеля СМД-31А.15, снятая на тормозном стенде в лаборатории испытания двигателей ОАО «ГСКБД». На ней обозначены: M_e , N_e , g_e – эффективные крутящий момент, мощность и удельный расход топлива; G_T – часовой расход топлива; $p_{к2}$ – давление наддувочного воздуха, измеренное на выходе из охладителя воздуха; $K_{доп}$, K – дымность ОГ: предельно допустимая по ГОСТ 17.2.2.01-84 [1] и фактическая; n_d – частота вращения коленчатого вала. Эти показатели находятся на уровне показателей современных автомобильных дизелей.

Таблица 1. Основные технические данные дизелей СМД и РАВА с вертикальным расположением цилиндров

Параметры и показатели дизелей	Марка дизеля			
	СМД-31А.15	СМД-31Б.15	D10TLL-160E2	D10TLL-206E2
Мощность брутто, кВт	160	220	160	206
Номинальная частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	1900	2000	1900	2100
Число и расположение цилиндров	6P	6P	6P	6P
Диаметр цилиндра и ход поршня, мм	120x140	120x140	121x150	121x150
Рабочий объем цилиндров, л	9,5	9,5	10,35	10,35
Минимальный удельный расход топлива по внешней скоростной характеристике, г/(кВт·ч)	195	197	198	200
Максимальный крутящий момент, Н·м	930	1180	928	1150
Частота вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте, мин ⁻¹	1100-1600	1400-1600	1200-1400	1400
Средняя скорость поршня, м/с	8,87	9,3	9,5	10,5
Литровая мощность, кВт/л	16,8	23,16	15,4	19,9
Масса, кг	930	910	900	900
Экологические показатели	ЕВРО-2	ЕВРО-2	ЕВРО-2	ЕВРО-2

Нужно отметить, что в интервале частот вращения коленчатого вала 1000...1600 мин⁻¹ кривая крутящего момента протекает почти горизонтально. Такая характеристика улучшает динамические качества автобуса при разгонах и является желательной для городских автобусов, совершающих частые остановки и разгоны.

В табл. 2 приведены основные показатели дизеля СМД-31А.15 по этой характеристике

Таблица 2. Основные показатели дизелей СМД-31А.15 по скоростной характеристике, показанной на рис. 6

n_d , мин ⁻¹	N_e , кВт брутто	g_e , г/(кВт·ч)	M_e , Н·м
1900	163	208,5	820
1400	136	197	930
1000	92,6	206	885

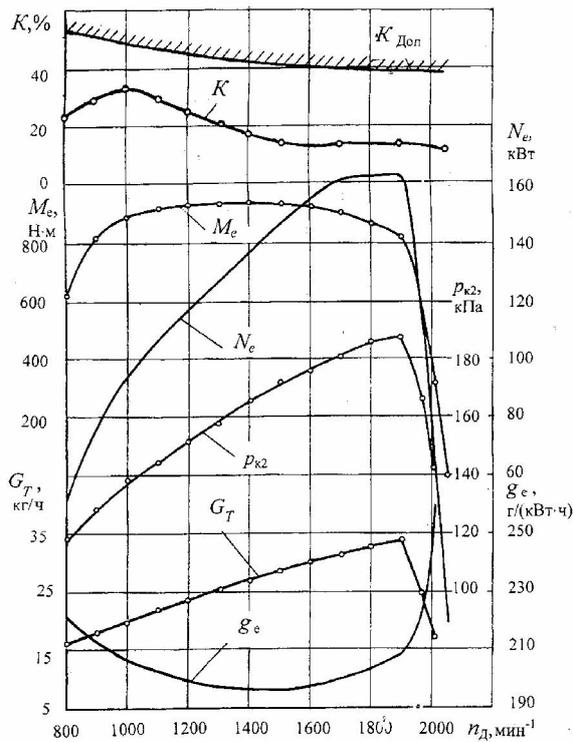


Рис. 6. Внешняя скоростная характеристика дизеля СМД-31А.15, установленного на автобус

Проведенные испытания показали, что по токсичности отработавших газов дизели СМД-31А.15 и СМД-31Б.15 отвечают требованиям Правил ЕЭК ООН №49.02А по нормам ЕВРО 2, а по дымности отработавших газов – ГОСТ 17.2.2.01-84 и Правилам ЕЭК ООН №24-03. Дизель СМД-31.30 обеспечивает требования ГОСТ 17.2.2.01-84 и норм Правил ЕЭК ООН №24-03 по дымности отработавших газов, а по токсичности отработавших газов – норм ЕВРО 1.

Два дизеля СМД-31А.15 и один СМД-31.30 переданы в киевский автобусный парк АП-6 для испытаний в условиях эксплуатации. Один из дизелей СМД-31А.15 в 2001 г. установлен на автобус ЛАЗ-52523, который работает на маршрутах в г. Киеве. Два других подготовлены для установки на автобусы ЛАЗ вместо импортных дизелей Рено и РАВА, которые отработали свой ресурс.

В 2003 г. дизель СМД-31Б.15 был установлен для испытаний на первый образец нового трёхосного автобуса А-231 длиной 15 м с низким уровнем пола, который изготовило ОАО «Укравтобуспром» (г. Львов).

Дальнейшие работы по усовершенствованию автобусных дизелей СМД продолжаются, в первую

очередь, для удовлетворения норм ЕВРО-3 по токсичности отработавших газов.

Анализ современного состояния мирового дизелестроения показывает, что для этого необходимо применять на дизелях:

1. 4-х клапанные головки цилиндров.
2. Установленные вертикально по центру камеры сгорания форсунки с 5...6-ю дырчатыми распылителями.
3. Аккумуляторную систему впрыскивания топлива с давлением до 120...140 МПа и больше (за рубежом она называется Common Rail).
4. Регулируемое давление наддува.
5. Регулируемую рециркуляцию отработавших газов.
6. Многофункциональную микропроцессорную систему управления впрыскиванием топлива, давлением наддува, рециркуляцией отработавших газов.

Кроме того, на автобусе необходимо устанавливать нейтрализатор для уменьшения содержания СО и C_mH_n в отработавших газах, а в условиях эксплуатации применять дизельное топливо, в котором содержится не более 0,2 % серы.

Задачи эти очень не простые, однако, решать их можно не одновременно, а по частям. Например, отдельно можно разрабатывать и исследовать аккумуляторную систему топливоподачи с электрогидравлическими форсунками и микропроцессорным управлением, не стремясь при этом сразу же выйти на уровень достигнутый зарубежными фирмами, так как мы от них очень отстали. Такую систему можно исследовать на обычном двухклапанном дизеле.

Кафедра «Двигатели и теплотехника» Национального транспортного университета (НТУ) проводит исследования на математических моделях по адаптации характеристик дизелей СМД для городских автобусов большого и особо большого классов, и разрабатывает экспериментальную аккумуляторную систему топливоподачи.

В экспериментальной аккумуляторной системе применен четырёхсекционный ТНВД типа ЛСТНФ410012, который используется как обычный четырёхплунжерный гидравлический насос, серийные трубки высокого давления, фильтры предварительной и тонкой очистки топлива, трубки низкого давления, а также узлы и детали импортных систем Common Rail, прежде всего электрогидравлические форсунки и аккумулятор топлива.

Принципиальная схема системы показана на рис. 7. ТНВД 1 непрерывно подает топливо в аккумулятор 3. Обратные клапаны 2 не позволяют топливу возвращаться из аккумулятора в ТНВД. С помощью клапана 4 в аккумуляторе поддерживается заданное максимальное давление топлива. Из аккумулятора топливо поступает в электрогидравлические форсунки 5, из которых через электромагнитные клапаны может сливаться по магистрали 6 в топливный бак 7. ЭБУ 8 в соответствии с порядком работы цилиндров на короткое время включает слив топлива из каждой форсунки, в результате чего в этой форсунке поднимается игла распылителя и происходит впрыскивание топлива в цилиндр дизеля. Величина цикловой подачи, а значит и мощность дизеля, регулируются изменением продолжительности впрыскивания, которую задает ЭБУ в соответствии с режимом работы дизеля.

На первом этапе исследований предполагается задавать давление в аккумуляторе на уровне 40...50 МПа для накопления опыта работы с аккумуляторной системой. Таких значений достигает максимальное давление впрыскивания в обычных топливных системах дизелей.

Для изготовления упрощенной аккумуляторной системы предполагается участие специализированных организаций и предприятий, таких, как ОАО «ГСКБД», ОАО «Чугуевская топливная аппаратура» и других машиностроительных заводов, а также предприятий электронной промышленности, которые могут разработать и изготовить микропроцессорный блок управления для аккумуляторной системы топливоподачи.

Список литературы:

1. ГОСТ 17.2.2.01-84. Охрана природы. Атмосфера. Дизели автомобильные. Дымность и методы измерений. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 12 с.
 Пинский Ф.И., Давтян Р.И., Черняк Б.Я. Микропроцессорные системы управления автомобильными двигателями внутреннего сгорания. – М.: «Легион-Автодата», 2002. – 136 с.

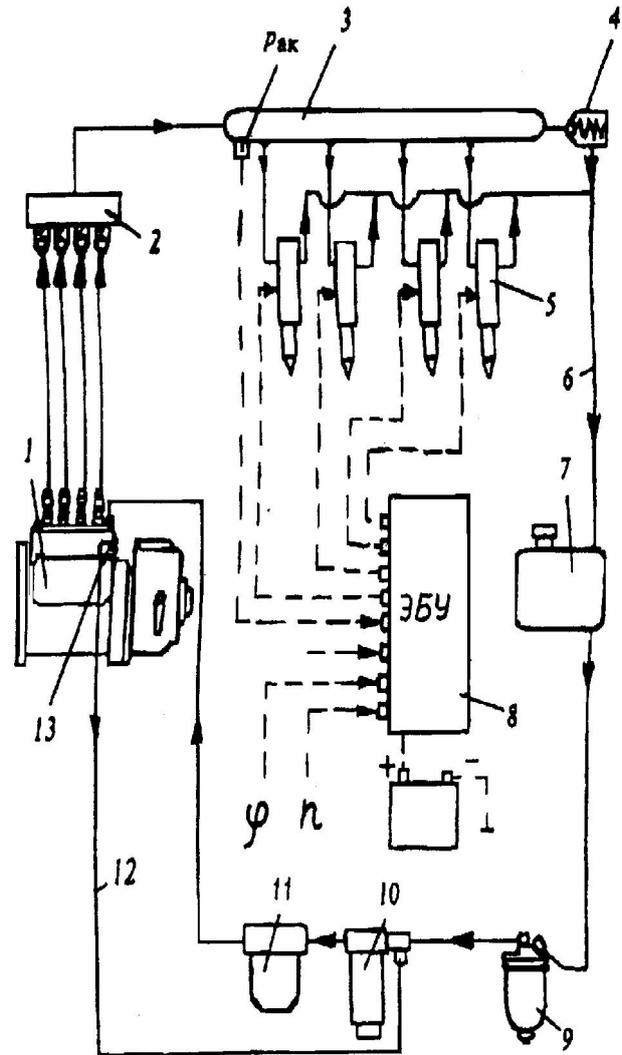


Рис. 7. Схема экспериментальной аккумуляторной системы топливо-подачи для дизеля СМД-23.07:
 1- ТНВД типа ЛСТНФ410012; блок обратных клапанов, 3 – топливный аккумулятор; 4 – клапан для регулирования давления в аккумуляторе;
 5 – электрогидравлические форсунки; 6 – сливная магистраль; 7 – топливный бак; 8 – ЭБУ; 9 – фильтр предварительной очистки топлива; 10 – топливоподкачивающий насос с электрическим приводом; 12 – магистраль для слива топлива через клапан ТНВД; 13 – клапан для регулирования давления во впускном канале ТНВД